



❖ واحد تولید UO2 طبیعی با گرید سرمیکی برای قرص سوخت راکتور اراک

پس از پایان بازدید از قسمت تولید UO2 غنی شده و پس از تعویض لباس مجدد وارد بخش تولید UO2 طبیعی شدیم. این واحد در تاریخ ۲۰ فروردین سال ۹۰ افتتاح شد و تا زمان توافق ژنو در سال ۹۲ توانست بخشی از سوخت مورد نیاز راکتور آب سنگین اراک را تولید کند اما مطابق با توافق صورت گرفته میان ایران و ۵+۱، تولید این سوخت از آن زمان متوقف شده و کارخانه در حال بهینه سازی و رفع مشکلات است. مسئول این واحد هم یک مهندس جوان و با انگیزه است که برای ما توضیح می دهد ورودی این خط، کیمک زرد U3O8 بوده که از بندرعباس یا اردکان برای آنها می آید: «در ابتدای خط تولید، کیمک زرد خود را که در بشکه های ۲۲۰ لیتری قرار دارند با جرثقیل وارد اتاقی می کنیم و سپس این کیمک زرد را بر اساس وزن های مشخص شده به اندازه ۳۰ تا ۳۵ کیلو برداشت می کنیم. پودر کیمک زرد وارد راکتور می شود و با استفاده از اسید نیتریک و آب واکنش داده و به UNH تبدیل می شود که یک سری ناخالصی هایی دارد که باید برطرف گردد. در همین مرحله یک سری فرآیندها برای گرفتن ناخالصی های فیزیکی انجام می دهیم. UNH تولید شده در ۳ مخزن ته نشینی قرار می گیرد و ۳۰ ساعت برای ته نشین شدن ناخالصی ها به آن زمان می دهیم. پس از ته نشین شدن UNH، از بالا تمیزترین لایه ها را برداشت و نهایتاً نیز همه رسوب را تخلیه می کنیم ولی همچنان کافی نیست و باید از دستگاهی به نام فیلتر پرس که فیلتر پارچه ای دارد عبور دهیم تا هر ناخالصی که وجود دارد پشت فیلتر بماند و محلول عبور کند تا مطمئن شویم که ناخالصی های فیزیکی ندارد. در قسمت بعدی ناخالصی های شیمیایی را جدا می کنیم. این ناخالصی ها باید از UNH گرفته شود که برای این کار از سیستم پالس کالم استفاده شده به این صورت که با مواد آلی جاذب یک محلول کاملاً خالص UNH به دست می آید که البته محلول گرفته شده رقیق است و ما با بخار آب و گرفتن آب این محلول، غلظت آن را زیاد می کنیم تا به غلظت ۲۶ درصد برسد. الان UNH خالص ما ۲۶ درصد غلظت آماده فرآیند اصلی است. UNH تولیدی در قسمت قبلی در اینجا به (AUC) آمونیوم اورانیل کربنات تبدیل می شود که خوراک مصرفی برای تولید UO2 است. AUC داخل راکتوری تولید می شود که گازهای CO2 و NH3 وارد این راکتور می شوند و با توده محلول UNH در دمای خاصی واکنش نشان می دهند که حاصل آن تولید دوغاب AUC است که باید رسوبش را بگیریم. در اینجا فیلتری وجود دارد که محلول از آن عبور داده می شود و AUC مرطوب باقی می ماند که با متانول آن



سوخت راکتور
آب سنگین فعلی
اراک آماده است و
مشکلی در این زمینه
نیست ما واحد را
آماده به کار نگاه
داشتیم و هر زمان
که تصمیم بر ادامه
کار گرفته شود ما
در آمادگی کامل
قرار داریم.

بخشی از خط
تولید UO2 طبیعی
برای استفاده در
سوخت راکتور آب
سنگین اراک



را شست و شو می دهیم و با توجه به دمای تبخیر پایین تر متانول نسبت به آب آن را خشک می کنیم. به بخش آخر خط تولید سوخت راکتور آب سنگین اراک رسیدیم. اتاقی نسبتاً کوچک با دیوارهایی ضخیم و البته لوله هایی که از کنار و سقف در هم تنیده شده و در مرکز به راکتوری استوانه ای شکل وارد می شوند. این همان راکتوری است که UO2 ما را تولید می کند. AUC به این راکتور وارد شده و ابتدا در دمای ۴۰۰ درجه تجزیه شده و به UO3 بدل می گردد، سپس با گاز هیدروژن واکنش می دهد که نتیجه آن تولید بخار آب و UO2 محصول ماست. این UO2 به صورت پودر است و برای تبدیل شدن به قرص سوخت راکتور اراک به کارخانه FMP می رود. در اینجا هم بخش بازبایی و جلوگیری از هدر رفت اورانیوم بسیار مهم است و به همین دلیل گازهای خروجی در این واحد ۲ بار شست و شو می شود تا کوچکترین ذرات اورانیوم گرفته شود. عظمت و پیچیدگی این کار مرا به حیرت واداشته و او که این شگفتی را در صورت من دیده تاکید می کند همه این تجهیزات ایرانی است و هیچ کدام خارجی نیست. در گوشه ای از اتاق دوربینی در داخل یک محفظه محکم و بزرگ دیده می شود. ابتدا گمان کردم که دوربین اژانس است اما مسئول واحد توضیح داد که هیدروژن به شدت انفجاری است و اگر شرایط ایمنی رعایت نشود بسیار خطرناک خواهد بود. حتی یکی از دیوارهای اتاق راکتور، دیوار پران است زیرا با احتمال انفجار محاسبه کرده اند تا موج انفجار از یک طرف تخلیه شود و این دیوار نیز با انفجار احتمالی تخریب می گردد. البته ۳ قسمت دیگر بتن شده و ضد انفجار هستند و درب نیز ضخیم و ضد انفجار است. دوربین و جعبه تقسیم و غیره نیز چون وسایل برقی هستند و جرقه های آن ها ممکن است باعث انفجار شود داخل کاور قرار گرفته اند.

او در ادامه توضیحات خود می گوید: «UO2 که تولید می شود قابلیت رها شدن در فضای آزاد را ندارد چون بلافاصله اکسید می شود و باید یک فرآیند تکمیلی روی آن صورت بگیرد. البته سیستم ما کاملاً در خلا و فشار منفی است اما می آیم و روی دانه های UO2 را ترکیبی از گاز نیتروژن و هیدروژن قرار می دهیم و این ذرات UO2 را با لایه نازکی اکسید می کنیم تا حفاظتی در برابر اکسید شدن کل پودر باشد. البته مراقب هستیم تا نسبت اکسیژن و اورانیوم به هم نریزد. UO2 طبیعی دیگر تشعشع مثل مواد غنی شده ندارد و از مزیت های راکتور آب سنگین به شمار می رود. نهایتاً بعد از تثبیت، پودر در بشکه هایی جمع آوری می شود و برای تولید قرص سوخت می رود.» از این متخصص جوان کشورمان در مورد وضعیت فعلی واحد در دوران توقف تولید پرسیدم که در پاسخ اظهار داشت: «خوراک اراک آماده است و مشکلی در این زمینه نیست. ضمن این که ما واحد را آماده به کار نگاه داشتیم.» از سن و سالش که از ابتدا برای من جالب بود، پرسیدم. او مهندس شیمی است و با ۳۷ سال سن خود را آذری معرفی کرد. این مهندس خوش بیان واحد تولید سوخت راکتور آب سنگین ۱۰ سال است در پوسی اف مشغول به کار بوده و اکنون مسئول واحد تولید UO2 طبیعی است. از او پرسیدم چطور شد که شما را مسئول این واحد مهم کردند؟ از این جهت گفتم مهم که اقدامی جدید و بکر محسوب می شود و قرار است برای راکتوری سوخت تولید کند که برخلاف راکتور بوشهر و تهران هنوز راه اندازی نشده است. او در پاسخ من اظهار داشت: «به هر حال وقتی که تصمیم گرفته شد این سایت ساخته شود یکی از قسمت ها هم همین بوده و من از روزی که می خواستند راه اندازی کنند، اینجا بودم و از ابتدا در جریان همه کارهای اینجا قرار دارم.»

به نکته ای که برای خودم هم جالب بود اشاره کردم و گفتم برایتان عجیب نبود که در این سن و سال به شما اعتماد شود؟ او عامل انگیزه را در این انتخاب بسیار مهم

دانسته و اضافه می کند: «شاید اگر یک آدم سن و سال دار را می گذاشتند خیلی انرژی و انگیزه برای پیگیری نداشت زیرا به هر حال این سیستم جوان است و قدیمی ترها که ما شاگرد آن ها هستیم تصمیم گرفتند این کار را راه اندازی کنند و ما جوان ها را پای کار بگذارند.» سوال مهم را هم از او می کنم که اگر چندین سال تغییر قلب راکتور اراک طول بکشد و شما کارتان متوقف باشد چه می کنید؟ بیشتر دوست دارید توافق شکل بگیرد یا نه؟ چون شاید منافع شخصی شما در عدم توافق باشد. پاسخ او هم زیباست. می گوید: «خدا را شکر آنقدر جا در سازمان وجود دارد که می توانیم کار کنیم. ما می خواهیم آن چیزی که به صلاح کشور است شکل بگیرد و به ضرر مملکت و ملت نباشد و نمی خواهیم به خاطر حقوق شخصی ما موضوع به ضرر مملکت تمام بشود. ما الان خیلی کار داریم تا واحد را به روز نگاه داریم و واقعا تعمیرات عقب مانده را انجام می دهیم که در زمان تولید نمی شد. ما باید همیشه آماده باشیم و کارهای بهسازی را انجام دهیم و الان با تمام وجود این کار را می کنیم.»

❖ واحد فرآوری اورانیوم با غنی متوسط زیر ۲۰ درصد

زمانی ایران در اوج مذاکرات هسته ای خود از آژانس بین المللی انرژی اتمی خواست تا با توجه به نزدیک شدن به زمان پایان سوخت ۲۰ درصدی راکتور تهران که از آرژانتین خریداری شده بود به ما سوخت جدید بدهد. این خواسته باعث شد تا طمع طرف مقابل بیشتر شده و امتیازهای بزرگ و غیر قابل تحمیلی را برابر این خواسته منطقی جمهوری اسلامی که تنها خاصیت درمانی برای حدود یک میلیون بیمار خاص دارد، قرار دهند. اما مذاکره کنندگان ما به آن ها گفتند که اگر این سوخت را ندهید ما خودمان تولید می کنیم. هر چند این سخن با استهزای طرف مقابل روبه رو شد اما چند سال بعد در سال ۹۱، متخصصان و دانشمندان کشورمان در پرتو اعتماد نظام اسلامی توانستند اولین سوخت غنی شده ۲۰ درصدی را تولید و سپس به صفحات سوخت برای استفاده در راکتور تحقیقاتی تهران تبدیل کنند. در این میان نقش بی بدیل دکتر مجید شهریاری غیر قابل انکار بود که بدون هیچ مزد مادی این کار را انجام داد و سرانجام نیز مزد مجاهدت خود را با رسیدن به مقام شهادت از خداوند متعال گرفت. و حالا گروه اعزامی خراسان در کارخانه ای قدم می گذاشت که روزی قلب اخبار دنیا شده بود و البته تولید موفقیت آمیزش باعث تشدید تحریم های ظالمانه و غیرانسانی غرب علیه کشورمان گشت. در ورودی خط تولید سوخت ۲۰ درصدی هم شاهد حضور دوربین های آژانس بین المللی انرژی اتمی بودیم تا میزان ورودی مواد تحت کنترل باشد. UF6 غنی شده ۱۹.۷ درصد در سایت فردو به صورت مواد جامد در سیلندرهایی از پادمان تحویل گرفته و به اتاقکی منتقل می شود. در اینجا سیلندرهای ۲۵ کیلوپی در یک هیتر با دمای ۷۰ تا ۱۲۰ درجه قرار می گیرند تا UF6 از حالت جامد به حالت گاز تصعید شده و وارد خط تولید گردد. سپس در تانکر هیدرولیز، آب دیونایز شده که بدون یون و کاملاً خالص است با UF6 ترکیب می شود و محلول UO2F2 تولید می گردد که غلظت تقریباً ۵۰ گرم در لیتر دارد و خوراک اولیه فرآیند رسوب گیری AUC می شود. در ادامه این محلول توسط پمپ های ویژه به راکتور رسوب گیری منتقل می شود و تا دمای ۷۰ درجه حرارت می بیند. همزمان آمونیوم کربنات را اضافه می کنیم و رسوب AUC تشکیل و به فیلتر منتقل می شود. در این بخش هم گازهای حاوی فلوئور و اورانیوم به قسمت بازبایی اورانیوم می روند و مواد مفید آن ها گرفته می شود. در فیلتر، رسوب AUC تخلیه و جمع آوری می گردد. پس از شست و شو و خشک کردن AUC، AUC خشک شده را به کوره منتقل می کنیم و اینجا در دمای ۷۰۰ درجه فرآیند تجزیه و احیا انجام و به